

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.190.06 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕТРОЗАВОДСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 10 июня 2015 г. протокол № 10
по диссертации Крука Александра Александровича на соискание ученой
степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Структурный беспорядок и оптические процессы в
кристаллах ниобата лития с низким эффектом фоторефракции» в виде
рукописи_по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного
состояния выполнена в Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Институте химии и технологии редких элементов и
минерального сырья имени И.В.Тананаева Кольского научного центра
Российской академии наук, в лаборатории материалов электронной техники.

Диссертация принята к защите « 3 » апреля 2015 протокол № 7.
Соискатель Крук Александр Александрович, гражданин Российской
Федерации, 1990 года рождения, аспирант Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Института химии и технологии редких
элементов и минерального сырья имени И.В.Тананаева Кольского научного
центра Российской академии наук, инженер лаборатории материалов
электронной техники.

В 2012 году соискатель окончил Технологический факультет
Мурманского государственного технического университета.

Научный руководитель: доктор физико-математических наук **Сидоров
Николай Васильевич**, заведующий сектором колебательной спектроскопии

и структурных исследований лаборатории материалов электронной техники Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья имени И.В.Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

1. **Горелик Владимир Семенович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией комбинационного рассеяния света Федерального государственного учреждения науки Физического института им. П.Н. Лебедева Российской академии наук.
2. **Алёшина Людмила Александровна**, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры физики твердого тела Петрозаводского государственного университета.

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация: Федеральное государственное учреждение науки Институт спектроскопии Российской академии наук, г.Троицк, Москва **дала положительное заключение** (заключение составлено кандидатом физико-математических наук, заведующей лабораторией спектроскопии конденсированных сред отдела спектроскопии твердого тела Новиковой Надеждой Николаевной).

На диссертацию и автореферат поступили **отзывы:**

1. Ведущего научного сотрудника Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова, доктора химических наук **Козюхина С.А.** Отзыв положительный. Имеются два замечания:

- В описании второй главы диссертации, посвященной приготовлению кристаллов и описанию использованных методик исследования, ничего не сказано об элементном анализе, выполнялся ли он, и если выполнялся то какова точность приводимых концентраций, если содержание примесей оценивается на уровне 10^{-4} вес.%. Совсем нет данных о точности и погрешности оптических методик.

- Некоторые температурные зависимости, представленные на рисунке 7, имеют вид кривых с экстремумами, природа которых в автореферате не обсуждается.2. Профессора кафедры РЛ2 Московского государственного технического университета **Аникьева А.А.** Отзыв положительный. Имеются два замечания:

- Из текста автореферата неясно, что же является конкретным количественным критерием величины эффекта фоторефракции, определяемым из спектров КРС. В выводах не указан параметр определяющий величину фоторефракции, полученный из спектров КРС, как указано в перечне решаемых диссертантом задач.

- Температурная зависимость интенсивности линий $A_1(ТО)$ – симметрии как в стехиометрических, так и в конгруэнтных образцах ниобата лития проявляет характерный для структурного упорядочения излом в области температур 310-320 К, причем стехиометрический образец показывает излом и для линий $E(ТО)$ -симметрии. Это чрезвычайно интересное для структурных преобразований явление, однако не нашло отражения в анализе спектров КРС исследованных материалов.

3. Профессора кафедры биомедицинской техники Вологодского государственного университета, доктора физико-математических наук **Умарова М.Ф.** Отзыв положительный, замечаний нет.

4. Доктора физико-математических наук, профессора, заведующего кафедрой вакуумной электроники МФТИ **Шешина Е. П.** Отзыв положительный, замечаний нет.

5. Главного научного сотрудника Института естественных наук Уральского федерального университета **Шура В.Я.** Отзыв положительный. Имеются 4 замечания:

- По изменению от времени картины рассеяния света автор разделил все исследованные им кристаллы на три группы, однако списки кристаллов первой и второй групп практически полностью совпадают.

- Из предложенного автором механизма образования картин ФИРС следует, что большой лепесток лемнискаты может быть направлен исключительно в положительном направлении полярной оси. Однако на рис. 3 для ниобата лития, легированного иттрием и магнием, большой лепесток ориентирован в отрицательном направлении. В автореферате этот факт не обсуждается

- В автореферате упоминаются малоинтенсивные линии, отнесенные автором к колебаниям симметрии A_2 . Эти линии считаются неактивными ни в комбинационном рассеянии, ни в инфракрасном поглощении, поэтому их наблюдение представляет особый интерес для колебательной спектроскопии ниобата лития. Однако в автореферате не приводится никаких данных об этих линиях.

- Автор связывает немонотонную температурную зависимость интенсивности линий комбинационного рассеяния света, соответствующих фундаментальным колебаниям решетки, с наличием в структуре кристаллов дефектных кластеров и микроструктур, а также влиянием фоторефрактивного эффекта. Однако, аналогичный эффект может оказывать в частности пироэлектрическое поле, возникающее в кристалле при изменении температуры. В ниобате лития стехиометрического состава эти поля могут достигать существенно больших величин по сравнению с конгруэнтным, что в свою очередь приводит к большему изменению спектральных линий.

6. Профессора кафедры общей физики Калужского государственного университета им. Циолковского, доктора физико-математических наук, **Никифорова К.Г.** Отзыв положительный, замечаний нет.

7. Заместителя директора по науке Института физики им. Л.В. Киренского, доктора физико-математических наук **Втюрина А.Н.** Отзыв положительный. Замечаний нет.

8. Заведующего лабораторией радиационного и космического материаловедения Томского университета **Михайлова М.М.** Отзыв положительный. Замечаний нет.

9. Директора регионального центра нанотехнологий Юго-западного государственного университета г. Курск, доктора физико-математических наук **Кузьменко А.П.** Отзыв положительный. Имеет одно замечание:

- К недостаткам работы можно отнести недостаточно полное исследование взаимосвязи фотоиндуцированного рассеяния света (ФИРС) с поляризационными зависимостями спекл-структур.

10. Заведующего кафедрой физики сегнето- и пьезоэлектриков Тверского государственного университета, доктора физико-математических наук **Солнышкина А. В.** Отзыв положительный. Замечаний нет.

В дискуссии приняли участие: к.ф.-м.н. Алешина Л.А., д.ф.-м.н. Сидоров Н.В., д.ф.-м.н. Стефанович Г.Б., д.ф.-м.н. Фофанов А.Д., д.х.н. Вапиров В.В.

Соискатель имеет **11 опубликованных работ**, из них по теме диссертации опубликовано 11 научных работ общим объёмом 62 печатных листа, в том числе 0 монографий и 9 статей в научных журналах и изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций, а также 1 статья в зарубежном журнале.

Соискателем депонировано 0 рукописей работ в организациях государственной системы научно-технической информации, аннотированных в научных журналах; 2 работы опубликованы в материалах всероссийских и международных конференций и симпозиумов; имеется 0 публикаций в электронных научных изданиях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Упорядочение структурных единиц катионной подрешетки в кристаллах ниобата лития, легированных цинком / Н.В. Сидоров, М.Н. Палатников,

- А.А. Яничев, А.А. Габаин, А.А. Крук, В.Т. Калинин // Доклады академии наук. 2013. Т. 452, №5. С.529-533.
2. Проявление двулучепреломления в кристалле ниобата лития в фоторефрактивном и комбинационном рассеянии света / Н.В. Сидоров, А.А. Крук, А.А. Яничев, М.Н. Палатников, В.Т. Калинин // Доклады академии наук. 2014. Т.459, №1. С.58-61.
 3. Влияние длины волны возбуждения на спектры КР кристаллов ниобата лития, легированных медью / А.А. Крук, Н.В. Сидоров, А.А. Яничев, М.Н. Палатников // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т.81, №1. С.5-10.
 4. Структура кристаллов ниобата лития с низким эффектом фоторефракции / Н.В. Сидоров, М.Н. Палатников, А.А. Крук, Н.А. Теплякова, О.В. Макарова // Журнал прикладной спектроскопии. 2014. Т.81, №4. С.578-584.
 5. Исследования структурной и оптической однородности кристаллов ниобата лития с низким эффектом фоторефракции методом лазерной коноскопии / Н.В. Сидоров, О.Ю. Пикуль, Н.А. Теплякова, А.А. Крук, М.Н. Палатников // Перспективные материалы. 2014. № 4. С. 70-78.
 6. Температурные исследования спектров комбинационного рассеяния света стехиометрического и конгруэнтного кристаллов ниобата лития / Н.В. Сидоров, А.А. Крук, А.А. Яничев, М.Н. Палатников, Б.Н. Маврин // Оптика и спектроскопия. 2014. Т. 117, №4. С.577-589.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны:

- Методика качественной оценки величины фоторефрактивного эффекта по спектрам комбинационного рассеяния света.
- Идеи, позволяющие методами спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированного рассеяния получать новую информацию о тонких особенностях дефектной структуры и фоторефрактивных свойствах

сегнетоэлектрических кристаллов, о взаимодействии лазерного излучения с сегнетоэлектрическим кристаллом.

- Впервые методами спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированного рассеяния света получены новые экспериментальные данные о фоторефрактивных свойствах, особенностях структуры, собственных и лазерно-индуцированных дефектах серии новых (впервые полученных) номинально чистых и легированных монокристаллов ниобата лития с низким эффектом фоторефракции, выращенных по единой методике и перспективных в качестве нелинейно-оптических материалов для преобразования излучения.

- Впервые установлено, что асимметрия спекл-структуры индикатрисы фотоиндуцированного рассеяния света (ФИРС) в кристаллах LiNbO_3 обусловлена двулучепреломлением возбуждающего лазерного излучения. Показано, что особенности распространения и взаимодействие обыкновенного и необыкновенного лучей в фоторефрактивном кристалле LiNbO_3 приводят к обмену энергией между ними таким образом, что со временем, изначально менее интенсивный необыкновенный луч, приобретает большую интенсивность по сравнению с обыкновенным.

Доказаны:

- Перспективность и информативность комплексного подхода с применением спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированного рассеяния света, лазерной коноскопии и электронной спектроскопии для исследования структуры, дефектов, оптической и структурной однородности сегнетоэлектрических монокристаллов .

Введены:

- Измененные трактовки старых понятий о фоторефрактивных свойствах сегнетоэлектрического кристалла ниобата лития.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что: полученные экспериментальные данные могут быть использованы для

модернизации существующих теорий фотоиндуцированного и комбинационного рассеяния света (КРС) в сегнетоэлектрических кристаллах.

Применительно к проблематике диссертации **результативно** (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован комплексный подход с применением спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированного рассеяния света, лазерной коноскопии и электронной спектроскопии для исследования структуры, дефектов, оптической и структурной однородности сегнетоэлектрических монокристаллов ниобата лития.

Изложены идеи, позволяющие целенаправленно управлять дефектной структурой и фоторефрактивными свойствами монокристаллов ниобата лития, путем изменения состава и упорядочения структурных единиц катионной подрешетки кристалла.

Раскрыты имеющиеся в литературе противоречия в интерпретации спектра комбинационного рассеяния света монокристалла ниобата лития и уточнена интерпретация спектра в области низких температур.

Изучена связь тонких особенностей дефектной структуры кристаллов ниобата лития, как фазы переменного состава, с параметрами линий спектра комбинационного рассеяния света, с параметрами фотоиндуцированного рассеяния света, с особенностями края пропускания в электронном спектре поглощения.

Проведена модернизация и уточнена интерпретация спектра комбинационного рассеяния света (КРС) монокристалла ниобата лития.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Разработаны и внедрены результаты исследований по фотоиндуцированному и комбинационному рассеянию света в ИХТРЭМС КНЦ РАН при отработке промышленных технологий выращивания высокосовершенных монокристаллов ниобата лития заданного состава, обладающих низким эффектом фоторефракции. Впервые метод исследования

кристаллов в широкоапертурных слаборасходящихся пучках света (лазерная коноскопия) использован в ИХТРЭМС КНЦ РАН для оценки оптического качества и особенностей распределения дефектов в объеме выращенного кристалла. Методом фотоиндуцированного рассеяния света показано, что кристаллы ниобата лития, легированные иттрием и магнием, могут быть перспективны как материалы для оптических модуляторов и затворов.

Определены перспективы практического использования исследованных в работе монокристаллов ниобата лития в качестве нелинейно-оптических материалов для преобразования излучения и оптических модуляторов и затворов.

Создана система практических рекомендаций по оценке оптического качества и фоторефрактивных свойств монокристаллов ниобата лития с низким эффектом фоторефракции.

Представлены методические рекомендации по использованию методов спектроскопии комбинационного рассеяния света, фотоиндуцированного рассеяния света, лазерной коноскопии и электронной спектроскопии для оценки оптической и структурной однородности и сегнетоэлектрических свойств монокристаллов ниобата лития .

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Результаты получены на современном сертифицированном оборудовании – использовался высокочувствительный спектрометр комбинационного рассеяния света Horiba Jobin Yvon T64000 с использованием сертифицированных высокоточных программ обработки спектров, надежно апробированными методиками постановки эксперимента по фотоиндуцированному рассеянию света и лазерной коноскопии, показана высокая воспроизводимость полученных результатов

Теория и использованные в диссертации модели и модельные расчеты согласуются с опубликованными экспериментальными данными.

Использованы авторские данные для сравнения с полученными ранее в литературе по рассматриваемой тематике.

Установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках.

Использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в получении экспериментальных данных: спектров КРС, данных ФИРС, и лазерной коноскопии, в их обработке и интерпретации. Полностью самостоятельно выполнены эксперименты и сделано обоснование выбора аналитических линий для оценки величины эффекта фоторефракции в кристаллах ниобата лития по спектрам КРС.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований, непротиворечивой методологической платформы, основной идейной линии, концептуальности и взаимосвязи выводов.

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что **диссертация** представляет собой научно-квалификационную работу, которая **соответствует критериям**, установленным Положением о порядке **присуждения ученых степеней**, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 января 2002 г. № 74 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 июня 2011 г. № 475), и принял решение **присвоить Круку Александру Александровичу ученую степень кандидата физико-математических наук.**

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 10 докторов наук по специальности 01.04.07 – «физика конденсированного состояния», участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали:

за присуждение учёной степени 16, против присуждения учёной степени 0,
недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета

Гуртов В. А.

Ученый секретарь диссертационного совета

Пикулев В. Б.

10 июня 2015 г.



Подпись руки	<u>Гуртов В. А.</u>
	<u>Пикулев В. Б.</u>
УДОСТОВЕРЯЮ.	
Уч. секретарь ученого совета	<u>Сурово А. И.</u>
« 11 » июня 2015 г.	